

TNO-rapport  
PML 1996-A51

## Geometrisch modelleren van het DAF SP LVB-voertuig (versie november 1995) voor infraroodstudies

TNO Prins Maurits Laboratorium

Lange Kleiweg 137  
Postbus 45  
2280 AA Rijswijk

Telefoon 015 284 28 42  
Fax 015 284 39 59

Datum  
oktober 1996

Auteur(s)  
Ir. Th.L.A. Verhagen  
S. Roest

Rubricering  
Vastgesteld door : Ir. N. Pos  
Vastgesteld d.d. : 2 september, 1996  
(deze rubricering wijzigt niet)

Titel : Ongerubriceerd  
Managementuittreksel : Ongerubriceerd  
Samenvatting : Ongerubriceerd  
Rapporttekst : Ongerubriceerd  
Bijlage A : Ongerubriceerd

Exemplaar nr. : 15  
Oplage : 28  
Aantal pagina's : 31 (incl. bijlage,  
excl. RDP & distributielijst)  
Aantal bijlagen : 1

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar  
gemaakt door middel van druk, foto-  
kopie, microfilm of op welke andere  
wijze dan ook, zonder voorafgaande  
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
Algemene Voorwaarden voor Onder-  
zoekopdrachten aan TNO, dan wel  
de betreffende terzake tussen de  
partijen gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het  
TNO-rapport aan direct belang-  
hebbenden is toegestaan.

© 1996 TNO

DTIC QUALITY INSPECTED 3

TNO Prins Maurits Laboratorium is onderdeel  
van de hoofdgroep TNO Defensieonderzoek  
waartoe verder behoren:

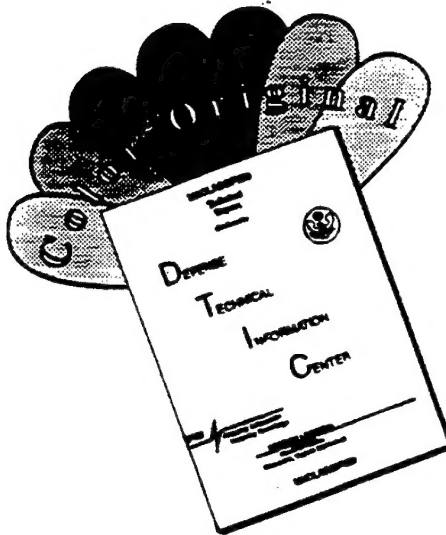
TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium  
TNO Technische Menskunde



Nederlandse Organisatie voor toegepast-  
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

19970212 035

# DISCLAIMER NOTICE



THIS DOCUMENT IS BEST QUALITY AVAILABLE. THE COPY FURNISHED TO DTIC CONTAINED A SIGNIFICANT NUMBER OF COLOR PAGES WHICH DO NOT REPRODUCE LEGIBLY ON BLACK AND WHITE MICROFICHE.

## Managementuittreksel

Titel : Geometrisch modelleren van het DAF SP LVB-voertuig (versie november 1995) voor infraroodstudies  
Auteur(s) : Ir. Th.L.A. Verhagen en S. Roest  
Datum : oktober 1996  
Opdrachtnr. : A93KL841  
Rapportnr. : PML 1996-A51

Reeds enige tijd bestaat er bij DMKL-T&WO de behoefte om de thermische signatuur van voertuigen theoretisch te voorspellen. Dit in verband met bijvoorbeeld de waarneembaarheid van deze voertuigen met verschillende infrarood camera's. Het betreft hier met name (conceptuele) voertuigen die ingezet kunnen worden tijdens VN-operaties.

In opdracht van DMKL-T&WO is binnen TNO-FEL, Divisie Waarnemingssystemen, researchgroep Elektro-Optiek, eind 1995 een haalbaarheidsstudie gestart met als doel het ontwikkelen en operationaliseren van een methodiek om de thermische signatuur van voertuigen theoretisch te bepalen. Achterliggende gedachte is het nagaan of het mogelijk is antwoord te geven op vragen als:

*"Wat is nodig voor het verkrijgen van een goed thermisch model opdat, binnen zekere grenzen, de herkenningsafstand van het voertuig kan worden bepaald, gegeven nog nader te definieren randvoorwaarden, zoals bijvoorbeeld operationele toestand van het voertuig, locatie en tijd van taakuitvoering".*

In het kader van deze studie is TNO-PML, Divisie Wapen en Wapenplatformen, researchgroep WapenEffectiviteit, gevraagd het noodzakelijke geometrische voertuigmodel te ontwikkelen.

In het overleg tussen HWO, TNO-FEL en TNO-PML is besloten, met toestemming van DAF SP, gebruik te maken van het DAF SP Licht Verkennings- en Bewakingsvoertuig (DAF SP LVB) (model november 1995). De keuze is op dit voertuig gevallen omdat, in vergelijking met andere voertuigen zoals tanks enzovoort, dit voertuig 'vrij eenvoudig' van opzet is en derhalve geschikt is voor een haalbaarheidsstudie. Daarnaast bevindt dit voertuig zich in een 'conceptuele' fase en zijn er geen infraroodmeetresultaten beschikbaar. Binnen TNO-FEL is de noodzakelijke methodiek en programmatuur voor het bepalen van de infraroodsignatuur van voertuigen weliswaar beschikbaar maar nog niet operationeel. Naast een geometrische en fysische beschrijving van het voertuig zijn ook empirische relaties nodig. Deze laatste hebben betrekking op onder andere de warmteproductie door motor en wrijving van wiellagers en banden. De bepaling van deze empirische relaties vormt onderdeel van de studie van TNO-FEL, Divisie Waarnemingssystemen, researchgroep Elektro-Optiek.

Binnen TNO-PML, Divisie Wapen en Wapenplatformen, researchgroep WapenEffectiviteit, bestaat veel ervaring met het geometrisch modelleren van voertuigen in het kader van de door deze researchgroep uitgevoerde kwetsbaarheid- en letaliteitstudies. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het BRL-CAD-pakket.

Gelet op de directe koppeling tussen het BRL-CAD-pakket en de bij TNO-FEL beschikbare infraroodsignatuur software (PRISM), ligt het voor de hand dat het ontwikkelen van een geometrisch doelmodel, geschikt voor infraroodstudies, wordt uitgevoerd door het TNO-PML.

Dit rapport beschrijft de door TNO-PML, Divisie Wapen en Wapenplatformen, researchgroep WapenEffectiviteit in opdracht van TNO-FEL uitgevoerde activiteiten voor het geometrisch modelleren van het DAF SP LVB. Omdat bij infraroodstudies de accenten ten aanzien van de te modelleren componenten, mate van detaillering enzovoort zullen afwijken van die voor kwetsbaarheid- en letaliteitstudies, is tijdens de projectvoortgang nadrukkelijk stil gestaan bij het opstellen van vereisten en beperkingen met betrekking tot geometrie, ontwerp, implementatie en speciale wensen.

Het expliciet formuleren van vereisten en het anticiperen op optredende beperkingen heeft bij beide partijen geleid tot een duidelijker inzicht in het gehele modelleringsproces, wat van groot voordeel is bij toekomstige infrarood-geometrische modellerings werkzaamheden. Duidelijk is geworden dat een directe uitwisseling van reeds bestaande geometrische modellen tussen beide TNO-instituten te grote risico's in zich draagt en derhalve vooralsnog niet zinvol is. Deze risico's zijn voornamelijk gerelateerd aan wetenschappelijke accentverschillen tussen bijvoorbeeld kwetsbaarheid- en thermische studies en daarnaast een gevolg van de eisen die de in die studies te gebruiken computermodellen stellen aan geometrische modellen.

Geconcludeerd kan worden dat de eerste samenwerking, het ontwikkelen van een geometrisch doelmodel bij TNO-PML voor infraroodstudies binnen TNO-FEL, positief en succesvol is verlopen. Verwacht kan worden dat TNO-FEL in het kader van (toekomstige) infraroodstudies maar ook andere vakgebieden een groter beroep zal doen op de geometrische modelleringsexpertise van TNO-PML.

## Samenvatting

Dit rapport beschrijft de door het TNO Prins Maurits Laboratorium (TNO-PML), Divisie Wapens en Wapenplatformen, researchgroep Wapeneffectiviteit in opdracht van het TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium (TNO-FEL), Divisie Waarnemingssystemen, researchgroep Elektro-Optiek, uitgevoerde activiteiten voor het geometrisch modelleren van het DAF SP LVB ten behoeve van infraroodstudies. Het expliciet stilstaan bij de vereisten, beperkingen en wensen ten aanzien van geometrie, ontwerp en implementatie heeft geleid tot een duidelijker inzicht bij beide partijen en heeft geresulteerd in een aanzet tot duidelijker kunnen omgaan met het ontwikkelen van geometrische doelmodellen voor infraroodstudies.

Tijdens de projectvoortgang is het vermoeden bevestigd dat een directe, rechtstreekse uitwisseling van reeds bestaande geometrische modellen tussen beide instituten grote risico's in zich draagt en derhalve vooralsnog niet zinvol is. Deze risico's zijn voornamelijk gerelateerd aan wetenschappelijke accentverschillen tussen bijvoorbeeld kwetsbaarheid- en thermische studies en daarnaast een gevolg van de eisen die de in die studies te gebruiken computermodellen stellen aan geometrische modellen.

Geconcludeerd kan worden dat de eerste samenwerking, het ontwikkelen van een geometrisch doelmodel bij het TNO-PML voor infraroodstudies binnen het TNO-FEL, positief en succesvol is verlopen.

Verwacht kan worden dat het TNO-FEL in het kader van (toekomstige) infraroodstudies maar ook voor andere vakgebieden een groter beroep zal doen op de geometrische modellerings expertise van het TNO-PML.

## Inhoud

Managementuittreksel .....	2
Samenvatting .....	4
1 Inleiding .....	7
1.1 Doel.....	7
1.2 Gebruik .....	7
1.3 Inhoud .....	7
2 Afbakening .....	9
2.1 Basisconcept .....	9
2.2 Varianten.....	9
2.3 Oriëntaties.....	9
3 Inventarisatie van LVB-onderdelen .....	12
3.1 Inleiding .....	12
3.2 Werkwijze.....	12
3.3 Opgenomen informatie .....	13
4 Ontwerpvereisten en -beperkingen.....	15
4.1 Inleiding .....	15
4.2 PRISM-facetten.....	15
4.3 Speciale ontwerp aandachtspunten .....	17
4.4 Algemene ontwerp aandachtspunten .....	18
4.5 Globaal en detailontwerp .....	19
5 Implementatie eisen en beperkingen .....	20
5.1 Inleiding .....	20
5.2 BRL-CAD aspecten .....	20
5.3 FRED aspecten .....	21
5.4 Speciale wensen .....	22
6 Testverslag .....	23
6.1 Inleiding .....	23
6.2 Testfilosofie .....	23
6.3 Testmethoden en rapportage .....	23
6.4 Testrandvoorwaarden .....	24
7 Visualisatie.....	26
7.1 Inleiding .....	26
7.2 Additionele onderdelen.....	26
7.3 Kleurkeuze .....	26
7.4 Eindconclusie.....	26

8	Conclusies .....	27
9	Referenties.....	28
10	Ondertekening .....	29

Bijlage:

A      Infraroodprogrammatuur infrastructuur

# **1 Inleiding**

## **1.1 Doel**

Dit rapport beschrijft de vereisten en beperkingen voor het geometrisch modelleren van het DAF SP LVB, (DAF SP versie november 1995) ten aanzien van geometrie, ontwerp en implementatie. Het geometrisch model vormt uiteindelijk de invoer voor infraroodstudies van het TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium (TNO-FEL). In bijlage A is een overzicht gegeven van de structuur voor infraroodstudies zoals deze binnen het TNO-FEL beschikbaar is.

Dit document beschrijft de werkzaamheden die door het TNO Prins Maurits Laboratorium (TNO-PML) zijn uitgevoerd met als eindresultaat de implementatie van het DAF SP LVB-voertuig met behulp van het BRL-CAD pakket, versie 4.4, voor infraroodstudies.

Dit document vormt samen met de implementatie in BRL-CAD het eindproduct (versie 1.0) van de opdracht.

De opdracht is door TNO-PML in opdracht van TNO-FEL uitgevoerd [1].

## **1.2 Gebruik**

Dit document dient als basis voor de ontwikkeling, invoering, het gebruik en het onderhoud van het geometrische doelmodel. Daarnaast vormt dit document een aanzet voor toekomstige projecten.

Ondersteld wordt dat de gebruiker van dit document basiskennis bezit van de aan BRL-CAD, FRED, PRISM enzovoort ontleende definities, begrippen en conventies [2, 3].

## **1.3 Inhoud**

Dit document bestaat uit de volgende hoofdstukken.

- Hoofdstuk 1 Dit hoofdstuk is een algemene inleiding van dit document.
- Hoofdstuk 2 Dit hoofdstuk gaat nader in op het gekozen basisconcept en de mogelijke varianten. Daarnaast wordt ook aandacht besteed aan de mogelijk verschillende oriëntatie van onderdelen van het doel.
- Hoofdstuk 3 In dit hoofdstuk worden de functionele vereisten van alle in het doelmodel op te nemen onderdelen opgesomd. Indien nodig wordt de keuze tussen verschillende alternatieven toegelicht.
- Hoofdstuk 4 In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de ontwerpvereisten en -beperkingen. De in dit hoofdstuk opgenomen aspecten hebben betrekking op onder andere wetenschappelijke onderstellingen.



Ook wordt ingegaan op de specifieke aspecten van infraroodstudies, zoals facettype enzovoort.

- Hoofdstuk 5 In dit hoofdstuk wordt stilgestaan bij de implementatie-eisen en beperkingen. De in dit hoofdstuk opgenomen punten hebben betrekking op de beperkingen en aannamen die de te gebruiken software uiteindelijk aan het geometrische model stelt.
- Hoofdstuk 6 In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de wijze waarop wordt aangetoond dat het uiteindelijk ontwikkelde BRL-CAD geometrische doelmodel voldoet aan de gestelde vereisten.
- Hoofdstuk 7 In dit hoofdstuk wordt aandacht geschonken aan die aspecten die er voor zorgen dat het doelmodel ook door niet rechtstreeks betrokkenen wordt begrepen en wordt met name het gebruikte kleuren pallet toegelicht.

## **2 Afbakening**

### **2.1 Basisconcept**

In dit document wordt het gekozen basismodel gedefinieerd door de DAF SP werktekeningen. Deze werktekeningen heeft TNO-PML op 22 november 1995 van DAF SP ontvangen [4]. Omdat het uiteindelijke LVB-voertuig nog niet beschikbaar is, kunnen door DAF SP nog wijzigingen worden aangebracht. Vandaar dat de huidige uitgangsbasis wordt aangeduid met DAF SP, versie november 1995 (zie ook [5]).

De globale, geometrische opbouw van dit basismodel is vastgelegd in figuur 1.

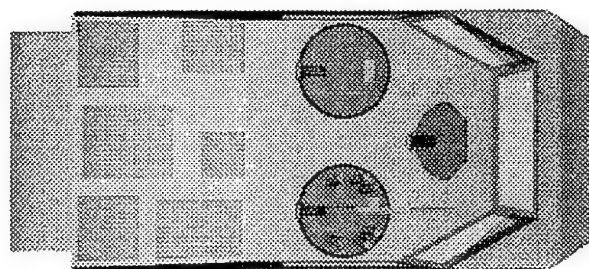
### **2.2 Varianten**

Vooralsnog worden geen varianten van het basismodel onderkend. Bekend is, dat in de toekomst, DAF SP het LVB-model beschouwt als het basismodel waaruit varianten voor andere toepassingsgebieden worden afgeleid. Dit aspect is momenteel echter niet aan de orde.

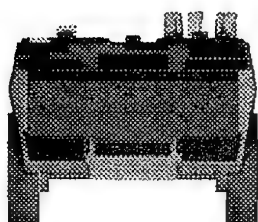
### **2.3 Oriëntaties**

Het is mogelijk verschillende standen van de bewegende onderdelen binnen de studie te bestuderen. De bewegende onderdelen bij dit voertuig zijn bijvoorbeeld de wielen, deuren, luiken en zichtmiddelen.

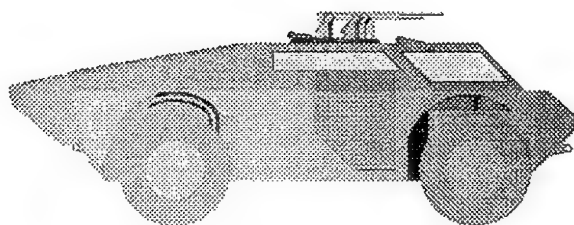
In deze studie is besloten alleen de verschillende standen van het (externe) waarnemingssysteem ('mainsight unit') in de modellering mee te nemen. De 'mainsight unit' kan zowel in het voertuig zijn opgenomen (zie figuur 1) als daarboven uitsteken (zie figuur 2).



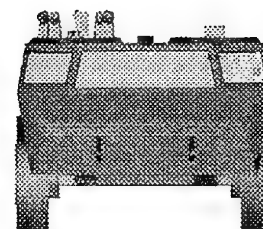
TOPVIEW



REARVIEW



SIDEVIEW

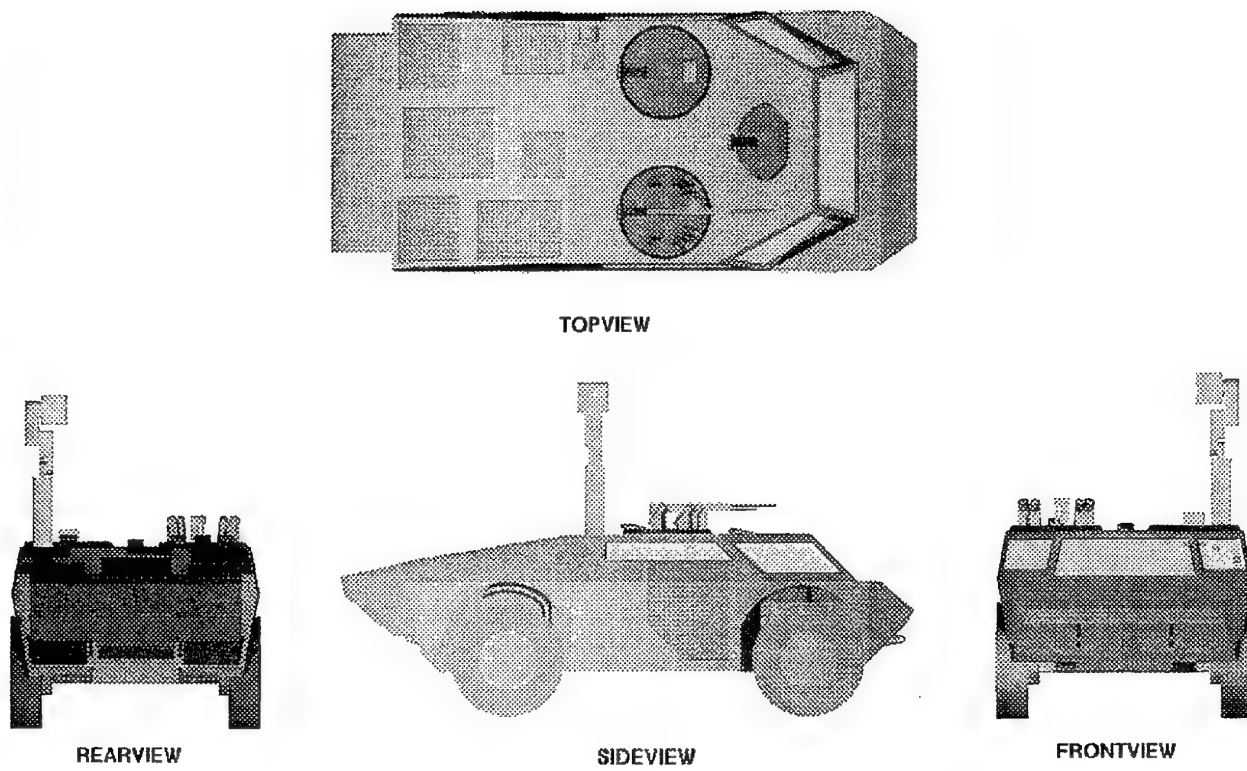


FRONTVIEW

Drawingnr. 018  
Regions LVB\_FEL/lvb\_fel.g

Date: 24-1-1996  
S.R. TNO-PML

*Figuur 1: Basismodel DAF SP LVB-voertuig (main sight unit - ingeschoven).*



Drawingnr. 015  
Regions LVB\_FEL/lvb\_fel.g

Date: 24-1-1996  
S.R. TNO-PML

*Figuur 2: Basismodel DAF SP LVB-voertuig (main sight unit - uitgeschoven).*

### 3 Inventarisatie van LVB-onderdelen

#### 3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk inventariseert welke onderdelen er in het LVB voorkomen. Aangegeven wordt welke onderdelen wel en welke niet in het te maken geometrische doelmodel moeten worden opgenomen. Beslissingen, overwegingen, toelichtingen worden hierbij vastgelegd.

#### 3.2 Werkwijze

Bij de inventarisatie van de onderdelen (het opstellen van de vereisten) is uitgegaan van een functionele decompositie van het voertuig. Hierbij is uitgegaan van de positie van het onderdeel in het voertuig. In dit geval:

- 'Hullbody': alles wat met de hull van het voertuig te maken heeft;
- 'Internal parts': alle onderdelen die inwendig aanwezig zijn;
- 'External parts': alle onderdelen die uitwendig aanwezig zijn;
- 'Propulsion': alle onderdelen die met de aandrijving te maken hebben;
- 'Running gear': alle onderdelen die met de wielen te maken hebben;
- 'Armour': alle onderdelen die met de bepantsering te maken hebben.

Afgesproken is dat alle in de voorbesprekingen gesignaleerde onderdelen in de vereisten worden opgenomen, eventueel met de toevoeging dat het onderdeel niet in het uiteindelijke geometrische model is opgenomen.

Uitgangspunt is dat de nadruk ligt op de hull en die interne onderdelen die van belang zijn bij de warmtehuishouding van het LVB-voertuig. Andere inwendige (en externe) onderdelen waarvan vooralsnog wordt aangenomen dat zij geen invloed hebben op de warmtehuishouding (als producent, als geleider, als isolator, enzovoort) worden buiten beschouwing gelaten.

De gehanteerde globale onderverdeling is in tabel 1 weergegeven.

Tabel 1: Gehanteerde onderverdeling.

Hoofdgroep	Onderdeel	Opmerking
Hullbody	hull casco wheelboxes mudguards windows	(not in model)
Internal parts	fueltank fuel hull insulation hull internal bulkheads crew ammunition	(not in model)
External parts	mainsight unit (folded and unfolded) armament smoke grenades lights mirrors toolbox rear antennas cables handles hooks	(not in model) (not in model) (not in model) (not in model) (not in model) (not in model)
Propulsion	driving parts engine complete engine cooling engine air intake transmission drive axles wheelgearboxes engine exhaust	(not in model) (not in model) (not in model) (not in model) (not in model)
Running gear	wheels suspension brakes	(not in model) (not in model)
Armour	external armour packages	

### 3.3 Opgenomen informatie

Ten aanzien van de in het geometrische doelmodel opgenomen onderdelen is de minimaal noodzakelijke informatie weergegeven in tabel 2. In deze tabel zijn (volledigheidshalve) enkele zaken opgenomen die buiten de strekking van het

huidige hoofdstuk vallen (MGED tree, materiaalcode, facettype). Deze worden in de betreffende hoofdstukken verder toegelicht.

Tabel 2: *Opgenomen informatie.*

Omschrijving	Omschrijving van wat het onderdeel voorstelt. Gekozen is voor een beknopte, incrementele omschrijvingsvorm, waarbij indien mogelijk een steeds verdere specialisatie optreedt. Bijvoorbeeld: topplate center left, topplate center right.
MGED tree	Deze informatie is bij het opstellen van vereisten niet van belang. Echter om een koppeling te houden met de implementatie is deze informatie hier toch weergegeven.
Materiaalsoort	Beschrijft het materiaal waarvan het onderdeel is gemaakt. Bijvoorbeeld: aluminium.
Materiaalcode	De code waarmee deze informatie in de doelbeschrijving is gemoedeleerd, bijvoorbeeld 2. De relatie tussen materiaal en code is tevens samengevat in bijlage C.
Soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	Soortelijke massa van het materiaal.
FRED-facettype	Coderingswijze, gerelateerd aan het FRED-pakket in verband met conversie en verdere berekeningen. Voor een toelichting van het begrip in deze context zie hoofdstuk 4.
Aannames	De in onderling overleg gemaakte veronderstellingen hebben meestal betrekking op niet duidelijk gedefinieerde afmetingen van platen enzovoort.
Referenties	Referentie naar brondocument, vaak een DAF SP werktekening.

## 4 Ontwerpvereisten en -beperkingen

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de aandacht gericht op het ontwerp van het geometrische doelmodel. Naast de 'logische' ontwerpaspecten moet ook worden stilgestaan bij de functionele eisen (in feite beperkingen) die vanuit thermisch oogpunt aan het model worden gesteld. De eisen die de programmatuur aan het geometrisch model stelt worden in een ander hoofdstuk vastgelegd.

### 4.2 PRISM-facetten

De geometrische doelbeschrijving (in BRL-CAD format) wordt met het pakket FRED geconverteerd; het geconverteerde geometrische model is vervolgens invoer voor de infraroodstudies.

Bij de conversie worden de '*BRL-CAD regions*'<sup>1</sup> geconverteerd naar '*FRED regions*'. De '*BRL-CAD regions*', opgebouwd uit '*solids*' worden omgezet tot een netwerk bestaande uit polygonen. Een '*FRED region*' komt in PRISM overeen met een '*PRISM-facet*' of '*thermische knoop*'. De '*PRISM-facetten*' worden vervolgens vanuit thermisch oogpunt onderverdeeld in een aantal verschillende categorieën, aangeduid met '*facettypen*'. Elk '*facettype*' komt overeen met specifieke thermische eigenschappen; dit valt echter buiten de scope van dit document. Tijdens de conversie worden de solids die tot één '*BRL-CAD region*' behoren op precies één facettype afgebeeld; deze worden later toegekend.

Ontwerpeis:

**Elke '*BRL-CAD region*' moet vanuit thermisch oogpunt 'gelijkwaardig' zijn.**

Besloten is in deze verslaggeving aandacht te besteden aan facettypen, omdat:

- tijdens het ontwerp van de '*BRL-CAD regions*' hiermee rekening moet worden gehouden;
- de uiteindelijke verdeling van onderdelen in facettypen voor de eindgebruiker de meest interessante is;
- de eenmaal vastgelegde facettype-indeling voor de eindgebruiker als naslagwerk kan dienen om, vanuit de context van de betreffende studie, snel toegang te hebben tot de op dat moment relevante modelinformatie.

---

<sup>1</sup> De naamgeving tussen de BRL-CAD, FRED en PRISM is niet altijd even consistent. Om de verschillen in deze tekst duidelijk te houden wordt de naam van het betreffende programma als voorvoegsel gebruikt.



#### 4.2.1 Isotherme benadering

PRISM-facetten worden isotherm behandeld. Dat wil zeggen dat de temperatuur van elk facet slechts met één waarde wordt aangegeven.

Om het automatische conversiemechanisme in FRED te sturen moet in het BRL-CAD ontwerp hier rekening mee worden gehouden. Aandachtspunten kunnen zijn (de nabijheid van) potentiële warmtebronnen, isolatoren, geleidende materialen, oriëntaties in verband met opwarming door de zon enzovoort.

##### *Bijvoorbeeld*

- Grote vlakken in het doel worden opgebouwd uit kleinere platen ('regions').
- Panelen, waarin verschillende oriëntaties voorkomen, bijvoorbeeld de zijkant van de hull, dienen als aparte vlakken ('regions') te worden gemodelleerd (in verband met bijvoorbeeld zoninstraling).

Deze overwegingen resulteren in het ontwerp vaak in niet direct, geometrisch voor de hand liggende opsplitsingen van grotere geometrische eenheden in kleinere eenheden. Bedenk dan dat de argumentatie is ontleend aan de verwachte warmtehuishouding.

Dit is afwijkend ten opzichte van een doelmodel voor kwetsbaarheidsstudies omdat daar alleen de lokale eigenschappen van het materiaal worden beschouwd en niet direct de eigenschappen van het vlak.

#### 4.2.2 Beschikbare facettypen

Binnen PRISM zijn de in tabel 3 opgenomen facettypen beschikbaar, in nieuwere versies van PRISM zullen ongetwijfeld meerdere typen mogelijk te zijn.

De volgende randcondities zijn aanwezig:

- maximaal aantal facetten: meestal 220 [default];
- facetnaam: maximaal 25 karakters (bijvoorbeeld 'right front engine armour')

Tabel 3: Beschikbare facettypen binnen PRISM.

Facetcode	Facetype	Omschrijving facet
1	gewoon facet	niet betrokken bij motor, track of wiel
2	motor-facet	luchtinlaat-rooster
3	motor-facet	luchtuitleat-rooster
4	motor-facet	uitlaatpijp
5	motor-facet	compartiment schot <i>met</i> extern contact omgeving
6	motor-facet	compartiment schot <i>zonder</i> blootstelling aan omgeving
7	track-voorkant	vanaf skirt tot grond
8	track-achterkant	vanaf skirt tot grond
9	track-bovenkant	deel van track dat is afgeschermd door skirt en/of door aangrenzende spatborden
10	track-onderkant	deel van track dat tijdens rust contact maakt met de grond
11	wiel-facet	de naaf van een met lucht gevuld wiel of loopwiel van een rupsvoertuig
12	wiel-facet	loopvlak van een met lucht gevuld wiel

Tabel 3: Vervolg.

Facetcode	Facetype	Omschrijving facet
13	wiel-facet zijkant	de binnen- of buitenkant van een met luchtgevuld wiel (band)
14	motor-facet 'motor suppressor'	met convectief thermisch contact met de uitlaatstroom
15	motor-facet 'motor suppressor'	zonder convectief thermisch contact met de uitlaatstroom
16	ventilatorhoes	

#### 4.2.3 Keuze facettypen

In overleg is besloten het aantal mogelijke facettypen te beperken tot de in onderstaande tabel 4 opgenomen typen. Default is een facet een 'gewoon facet' (type 1) tenzij het facet gerelateerd is aan de motor of aan de wielen. Deze laatste zijn pas interessant als warmteproduceerders wanneer de motor aanstaat, respectievelijk wanneer het voertuig rijdt.

Tabel 4: Gehanteerde facettypen.

Facetcode	Facet omschrijving
1	Gewone facetten, niet zijnde onderstaande
2-6	Motor-facetten, effectief wanneer de motor loopt
11-13	Wiel-facetten effectief wanneer het voertuig rijdt

### 4.3 Speciale ontwerp aandachtspunten

#### 4.3.1 Motorblok

Omdat nog niet geheel duidelijk is hoe binnen infraroodstudies moet worden omgegaan met het 'motorblok' als potentiële grote warmtebron, is in deze studie besloten een eerste, eenvoudige benadering te kiezen.

Het motorblok is gemodelleerd als een geometrisch 'blok', afgeschermd door verschillende platen, met of zonder blootstelling aan de omgeving (facettype 5 en 6).

#### 4.3.2 Banden en wielen

Het blijkt dat bij het modelleren van de banden en wielen onderscheid gemaakt moet worden tussen zij- en loopvlak. Dit omdat in latere berekeningen dit onderscheid van belang kan zijn (zie bijvoorbeeld de facettypen).

#### 4.3.3 Isolerende materialen

Het is duidelijk dat bij het modelleren aandacht geschonken moet worden aan het op een juiste wijze modelleren van de isolerende materialen die in het voertuig zijn aangebracht. Het is nodig dit punt speciaal te vermelden, mede omdat dit een van

de grote verschilpunten met kwetsbaarheidsstudies betreft. Deze materialen zijn vanuit ballistisch oogpunt meestal niet van doorslaggevend belang en zullen daarom meestal niet geometrisch worden gemodelleerd voor kwetsbaarheid- en letaliteitsstudies.

#### **4.4 Algemene ontwerp aandachtspunten**

##### **4.4.1 Onderdeelselectie**

Omdat het modelleren gebeurt in het kader van een haalbaarheidsonderzoek is vooraf gesteld dat het niet zinvol is alle interne en externe details in het model op te nemen. Vandaar dat vele inwendige onderdelen, waarvan tijdens de discussies is gesteld dat zij geen wezenlijke invloed zullen hebben op de beoogde infraroodstudie, niet in de modellering zijn betrokken. Het niet modelleren van een onderdeel is expliciet in de betreffende bijlage vermeld.

##### **4.4.2 Pakketten of materialen**

Een van de principiële moeilijkheden waarvoor men gesteld wordt bij het ontwerpen van een geometrische doelmodellering is de vraag of men het doel moet opbouwen uit afzonderlijke materialen of dat (incidenteel) het werken met 'pakketten' de voorkeur geniet. Overwogen kan worden om complexe constructies eenvoudig te modelleren met een 'pakket' waaraan een aantal afgeleide fysische eigenschappen wordt verbonden. Zo kan men in de huidige studie zich indenken dat gespatieerde pantserpakketten vanuit infraroodstandpunt mogelijk beschouwd moeten worden als 'isolatoren' en als een pakket kunnen worden afgehandeld. In het huidige geometrische model is van deze dualiteit, werken met materialen en met pakketten, afgezien. Mogelijk dat bij vervolgstudies dit wel wordt toegepast.

##### **4.4.3 Materiaalcode**

De materialen zijn in het ontwerp opgenomen met behulp van een materiaalcode. De materiaalcode dient in de te gebruiken programmatuur als verwijzing naar tabellen, waarin de voor de programmatuur noodzakelijke fysische parameters zijn vastgelegd.

In veel gevallen bleek een rechtstreekse conversie van materiaal naar materiaalcode mogelijk te zijn. In een aantal gevallen moest echter het materiaal worden vastgelegd met een 'gelijkwaardige' materiaalcode. Dit omdat niet duidelijk was wat het materiaal eigenlijk is (onbekend, onduidelijk, kwaliteit enzovoort) of omdat vooraf duidelijk was dat de bij het materiaal behorende thermische parameters vooralsnog niet te achterhalen zijn. Deze conversie is in overleg uitgevoerd.

## **4.5      Globaal en detailontwerp**

Op basis van deze en soortgelijke overwegingen is een ontwerp gemaakt van het LVB-voertuig. Teneinde dit ontwerp te documenteren is het globale ontwerp in een aantal figuren vastgelegd. Daarnaast is het uiteindelijke detailontwerp in de BRL-CAD boomstructuur vastgelegd.

## 5 Implementatie eisen en beperkingen

### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de extra eisen en beperkingen die aan het geometrische doelmodel worden gesteld. Deze zijn niet op inhoudelijke, wetenschappelijke basis (thermische) te beargumenteren, maar worden door de beschikbare hard- en software afgedwongen.

Het al dan niet voldoen aan deze eisen is meestal softwarematig aan te tonen.

### 5.2 BRL-CAD aspecten

#### 5.2.1 Definities

`<solid>` = { BRL-CAD primitief, zoals arb8 enzovoort, zie BRL-CAD manual }  
`<region>` = `<solid>`|`<solid>` `<operator>``<region>`  
`<groep>` = `<region>`|`<region>``<groep>`  
`<operator>` = {BRL-CAD operator, zie BRL-CAD manual }

Region : heeft betrekking op *hetzelfde* materiaal;  
heeft betrekking op *hetzelfde* PRISM-facetype.

Groep : kan meerdere materialen bevatten;  
kan meerdere facettypen bevatten.

#### 5.2.2 Solids

Ten aanzien van het aantal solids of het type solid zijn geen beperkingen bekend.  
Lengte van de naam is beperkt tot 16 characters.

#### 5.2.3 Regions

Ten aanzien van het aantal regions zijn geen beperkingen bekend.  
Lengte van de naam is beperkt tot 16 characters.  
De gebruikte naamgeving wordt door FRED overgenomen.

#### 5.2.4 Groepen

Ten aanzien van het aantal groepen zijn geen beperkingen bekend.  
Lengte van de naam is beperkt tot 16 characters.  
De gebruikte naamgeving wordt door FRED overgenomen.

#### 5.2.5 Operatoren

Ten aanzien van de BRL-CAD operatoren zijn geen beperkingen bekend.

### 5.2.6 Materiaalcode

De materiaalcode is vrij te kiezen.

De gebruikte materiaalcode wordt door FRED overgenomen.

### 5.2.7 Naamgevingsconventies

De gehanteerde naamgeving is conform de binnen de researchgroep Wapeneffectiviteit van TNO-PML gebruikelijke. Dit houdt in dat de naamgeving een logische is, waarbij de underscore gehanteerd wordt als scheidingsteken in de naam.

De naamgeving van een *solid* is

<Naam solid>	= <solid indentifier> <solid volgnummer> <underscore><naam onderdeel><punt> <solid primitieve naam>
<solid indentifier>	= {s}
<solid volgnummer>	= <cijfer><cijfer>
<cijfer>	= {0 1 2 3 4 5 6 7 8 9}
<punt>	= {.}
<underscore>	= {_}

Voorbeeld: *s23\_hull.arb8*

De naamgeving van een *region* is:

<Naam region>	= <region indentifier><region volgnummer> <underscore><region naam>
<region indentifier>	= {r}
<region volgnummer>	= <cijfer><cijfer>

Voorbeeld: *r01\_topplate*

De naamgeving van een *groep* is:

<Naam groep>	= <groep indentifier><underscore><groep naam>
<groep indentifier>	= {g}

Voorbeeld: *g\_hulltop*

## 5.3 FRED aspecten

Het met BRL-CAD opgestelde geometrische doelmodel wordt door FRED geconverteerd. Het geconverteerde model wordt gebruikt binnen de infraroodprogrammatuur. Tijdens conversie worden geen foutmeldingen gegenereerd, de gebruiker moet op het geconverteerde model een aantal checks uitvoeren. Indien het geconverteerde model niet voldoet aan de (niet volledig bekende) eisen van de vervolgprogrammatuur wordt het geconverteerde model niet geaccepteerd. Het is dus van

belang duidelijkheid te krijgen over de te stellen eisen en de daaruit voortvloeiende uit te voeren checks.

#### **5.3.1 Loose edges**

Ten gevolge van de conversie mogen geen 'loose edges' ontstaan.  
Deze eis kan na conversie door FRED worden gecheckt.

#### **5.3.2 Overlaps**

Binnen het thermische model mogen geen overlaps voorkomen.  
Deze eis kan na conversie door FRED worden gecheckt.

#### **5.3.3 Gaten en kieren**

Er mogen geen 'gaten' of 'kieren' in het geometrische model voorkomen.  
Deze eis kan na conversie door FRED worden gecheckt.

### **5.4 Speciale wensen**

#### **5.4.1 Bewegende onderdelen**

Zoals in hoofdstuk 2 afgesproken is in dit geval alleen de 'mainsight unit' onderkend als een bewegend onderdeel dat expliciet in de modellering moet worden opgenomen.

Besloten is de twee standen van dit onderdeel in aparte groepen te modelleren, aangegeven met:

- mainsight unit folded;
- mainsight unit unfolded.

De gebruiker kan vervolgens selecteren welke stand van het onderdeel gekozen wordt.

## 6 Testverslag

### 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de wijze waarop is aangetoond ('Kwalificatie vereisten' en 'Acceptatie test') dat het ontwikkelde geometrische doelmodel voldoet aan de gestelde vereisten.

### 6.2 Testfilosofie

Aangezien niet duidelijk is welke impliciete en expliciete eisen de binnen het TNO-FEL te gebruiken software stelt aan een geometrisch doelmodel, wordt getracht de meest voor de hand liggende aspecten te beschouwen.

Aandacht wordt besteed aan:

- onderdelen check;
- FRED conversie checks;
  - 'loose edges';
  - overlap;
  - gaten en kieren.

Uiteindelijk zal bij het gebruik van het model bij de TNO-FEL studie duidelijk worden of het doelmodel voldoet.

### 6.3 Testmethoden en rapportage

#### 6.3.1 Onderdelen check

Nagegaan is of alle in de vereisten opgenomen onderdelen daadwerkelijk in het geometrisch model zijn gemodelleerd conform de afspraken. Dit is gebeurd volgens de 'demonstratie' methode. Hierbij is in BRL-CAD steekproefgewijs een aantal verschillende 'paden' in het geometrische doelmodel doorlopen. Op verzoek zijn onderdelen getoond.

*Conclusie: 'onderdelen' check positief afgesloten.*

#### 6.3.2 Conversie check

Nagegaan is of conversie van de BRL-CAD geometrische doelbeschrijvingsfile met het door TNO-FEL beschikbaar gestelde pakket FRED mogelijk is. Ook deze inspectie werd steekproefgewijs uitgevoerd. Nadat de FRED-conversie was uitgevoerd werden de afzonderlijke checks uitgevoerd.

*Conclusie: 'conversie' check positief afgesloten.*



### 6.3.3 Operatoren check

Incidenteel blijkt de gekozen volgorde van BRL-CAD operatoren doorslaggevend te zijn voor het wel of niet succesvol converteren van het geometrische doelmodel met behulp van FRED. Enige consistentie hierin is nog niet onderkend.

De gesignaleerde problemen zijn naar tevredenheid verholpen.

*Conclusie: 'operatoren' check positief afgesloten.*

### 6.3.4 Loose edges check

Er zijn geen problemen gesignaleerd.

*Conclusie: 'loose edges' check positief afgesloten.*

### 6.3.5 Overlap check

Het bleek dat incidenteel problemen optraden. De geconstateerde afwijkingen bleken automatisch en incidenteel handmatig te verhelpen. Verder zijn geen problemen gesignaleerd.

*Conclusie: 'overlap' check positief afgesloten.*

### 6.3.6 Gaten check

Het 'creëren van een holte' binnen een region om vervolgens deze holte weer geheel te vullen met een ander materiaal blijkt incidenteel tot problemen te kunnen leiden. Indien de nieuwe region enigszins 'kleiner' wordt gemaakt blijkt alles wel door conversies te komen. Mogelijk dat dit te verklaren is door een te grove benadering van een vorm door facetten. De geconstateerde afwijkingen moesten handmatig verholpen worden. Verder zijn geen problemen gesignaleerd.

*Conclusie: 'gaten' check positief afgesloten.*

### 6.3.7 Gebruikers check

TNO-FEL heeft in de ontwikkelingsfase de beschikking gekregen over enkele tussentijdse versies (versies 0.x) van het geometrische doelmodel. Op deze wijze heeft het TNO-FEL tussentijds de eigen inzichten kunnen toetsen ('Acceptatie test').

*Conclusie: 'gebruikers' check positief afgesloten.*

### 6.3.8 Eindconclusie checks

Op basis van de hierboven beschreven in samenwerking met het TNO-FEL uitgevoerde checks kan worden geconcludeerd dat het geometrische doelmodel van de DAF SP LVB, (DAF SP, versie november 1995), (TNO versie 1.0), voldoet aan de eisen en wensen van de opdrachtgever.

## 6.4 Testrandvoorwaarden

### 6.4.1 Testlocatie

De testen zijn uitgevoerd op het TNO-PML.

#### **6.4.2 Testpersonen**

De checks zijn uitgevoerd door H.A. Lensen (TNO-FEL) en S. Roest (TNO-PML).

#### **6.4.3 Testbeperkingen**

De testen zijn uitgevoerd binnen het beschikbare budget.

Hiervoor zijn twee werkdagen gereserveerd.

#### **6.4.4 Hardwarevereisten**

De testen zijn uitgevoerd op de Silicon Graphics van de Divisie Wapen en Wapenplatformen, researchgroep Wapeneffectiviteit van het TNO-PML.

#### **6.4.5 Softwarevereisten**

De testen zijn uitgevoerd met:

- BRL-CAD, versie 4.4;
- FRED, versie 3.1.

De betreffende FRED-versie is door het TNO-FEL aan TNO-PML beschikbaar gesteld voor het uitvoeren van de testen.

## **7 Visualisatie**

### **7.1 Inleiding**

Gelet op het belang van dit project is de nodige aandacht besteed aan de visualisatie van het doel. Vandaar dat in dit hoofdstuk even wordt stilgestaan bij de gehanteerde visualisaties.

### **7.2 Additionele onderdelen**

Een aantal externe onderdelen (zoals spiegels, trekhaken enzovoort), die weliswaar geen invloed hebben op infraroodstudies, maar het model een groter visueel 'realiteits' gehalte geven, zijn in het model opgenomen.

### **7.3 Kleurkeuze**

De gehanteerde kleurkeuze in de visualisatie is louter gebruikt ter illustratie en om bepaalde onderdelen beter tot hun recht te laten komen.

Uitdrukkelijk wordt gesteld dat de gebruikte kleuren geen enkele verdere betekenis bezitten, dus geen betekenis vanuit kwetsbaarheidsoptiek, infraroodoptiek enzovoort.

### **7.4 Eindconclusie**

Ten aanzien van de visualisatie zijn geen expliciete eisen geformuleerd. De gebruikte visualisatie is uiteindelijk zo gekozen dat bepaalde detailinformatie en keuzen konden worden verduidelijkt. Deze figuren zijn in dit document opgenomen.

## 8 Conclusies

Dit rapport beschrijft de vereisten en beperkingen voor het geometrisch modelleren van het DAF SP LVB, (DAF SP versie november 1995) ten aanzien van geometrie, ontwerp en implementatie. Het geometrisch model vormt uiteindelijk de invoer voor infraroodstudies van het TNO-FEL. Het uiteindelijke product van deze opdracht, een geometrisch model van het DAF SP LVB-voertuig in BRL-CAD format is begin 1996 aan TNO-FEL overgedragen.

Het expliciet formuleren van vereisten en het anticiperen op optredende beperkingen heeft bij beide partijen geleid tot een duidelijker inzicht in het gehele modelleringsproces, wat van groot voordeel is bij toekomstige infrarood-geometrische modelleringswerkzaamheden. Duidelijk is geworden dat een directe uitwisseling van reeds bestaande geometrische modellen tussen beide TNO-instituten te grote risico's in zich draagt en derhalve vooralsnog niet zinvol is. Deze risico's zijn voornamelijk gerelateerd aan wetenschappelijke accentverschillen tussen bijvoorbeeld kwetsbaarheid- en thermische studies en daarnaast een gevolg van de eisen die de in die studies te gebruiken computermodellen stellen aan geometrische modellen.

Geconcludeerd kan worden dat de eerste samenwerking, het ontwikkelen van een geometrisch doelmodel bij het TNO-PML voor infraroodstudies binnen het TNO-FEL, positief en succesvol is verlopen. Verwacht kan worden dat het TNO-FEL in het kader van (toekomstige) infraroodstudies maar ook andere vakgebieden, een groter beroep zal doen op de geometrische modelleringsexpertise van het TNO-PML.

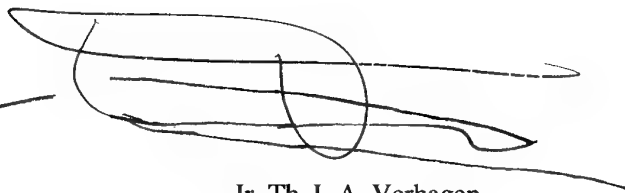
## 9 Referenties

- [1] Projectplan,  
‘Geometrisch Modelleren van het DAF - LVB-voertuig voor TNO-FEL, re-  
searchgroep Elektro-Optiek’, versie 1.0,  
TNO-PML, bijlage bij Offerte TNO-PML,  
nr. CP95796, d.d. 25 oktober 1995.
  
- [2] BRL-CAD, versie 4.4 manuals.
  
- [3] FRED manual/documentatie, versie 3.1.
  
- [4] Bespreking DAF SP, TNO-FEL en TNO-PML,  
d.d. 22 november 1995.
  
- [5] Tekeningen DAF SP
  - Package drawing interior LVB, drawing/issue number X91137/10,  
d.d. 17-11-1995
  - Package drawing exterior LVB, drawing/issue number X91137/10,  
d.d. 27-10-1994
  - Hull lasplan, voorstel zijaanzicht, drawing/issue number X92340/---,  
d.d. 26-10-1995
  - Hull lasplan, voorstel bovenaanzicht, drawing/issue number X92340/---,  
d.d. 26-10-1995
  
- [6] Hand-outs bij KIVI lezing,  
Seminar van Kivi Afdelingen voor Defensie Technologie en Voertuig Tech-  
niek,  
‘Licht Verkenings- en Bewakingsvoertuig’,  
Woensdag 25 oktober 1995.

## 10 Ondertekening

A handwritten signature in black ink, featuring a large, rounded initial 'Z' followed by a cursive 'C' and 'Verheij'.

Ir. Z.C. Verheij  
Groepshoofd

A handwritten signature in black ink, featuring a large, rounded initial 'T' followed by a cursive 'L.A.' and 'Verhagen'.

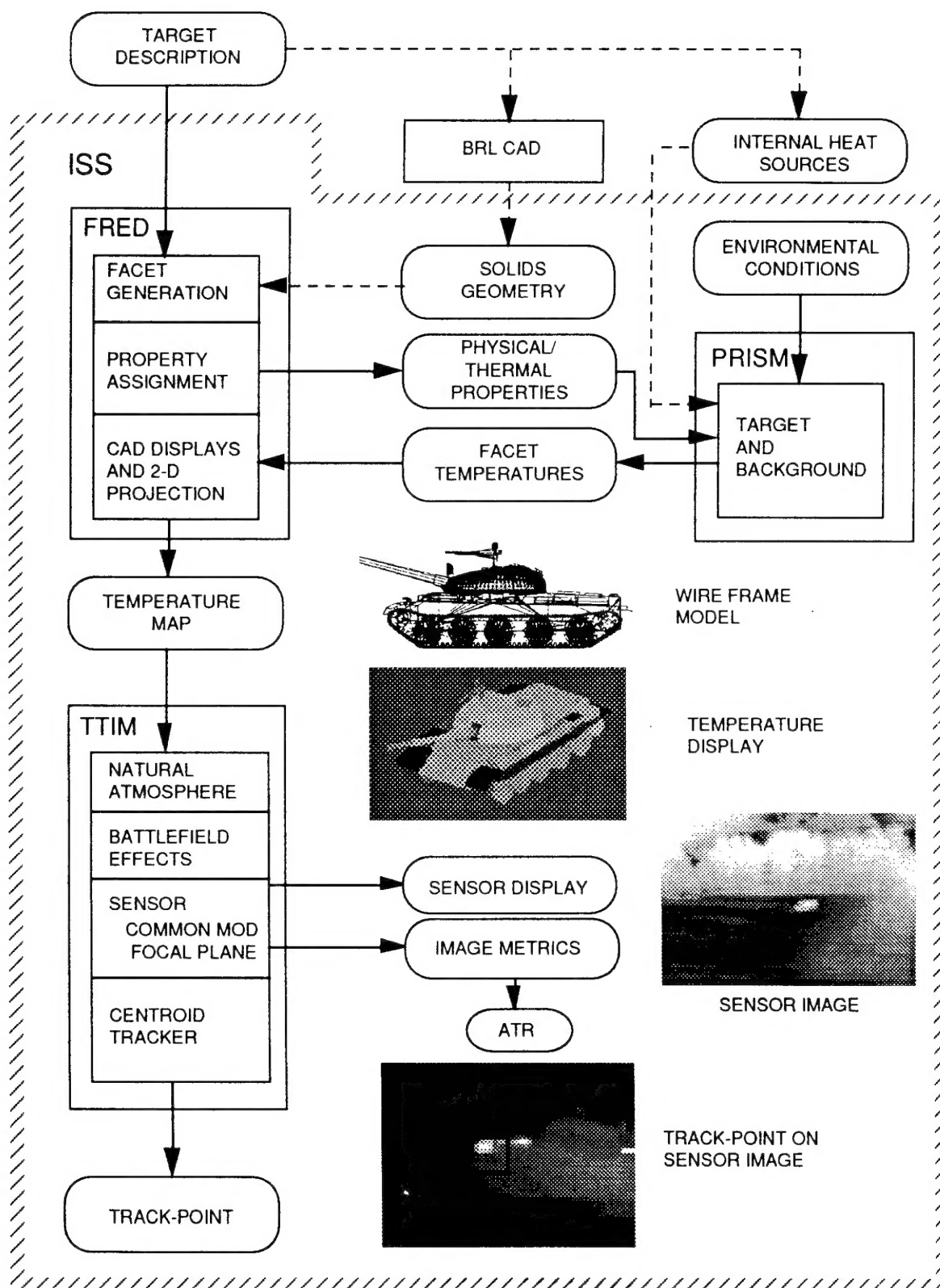
Ir. Th. L.A. Verhagen  
Projectleider/Auteur

S. Roest  
Auteur

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'S' followed by a cursive 'Roest'.

## **Bijlage A      Infraroodprogrammatuur infrastructuur**

## INTEGRATED SYSTEMS SIMULATION (ISS)





ONGERUBRICEERD

## REPORT DOCUMENTATION PAGE

(MOD-NL)

<b>1. DEFENCE REPORT NO. (MOD-NL)</b> TD96-0028	<b>2. RECIPIENT'S ACCESSION NO.</b>	<b>3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO.</b> PML 1996-A51			
<b>4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO.</b> 232195796	<b>5. CONTRACT NO.</b> A93KL841	<b>6. REPORT DATE</b> October 1996			
<b>7. NUMBER OF PAGES</b> 31 (incl. 1 annex, excl. RDP & distribution list)	<b>8. NUMBER OF REFERENCES</b> 6	<b>9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED</b> Final			
<b>10. TITLE AND SUBTITLE</b> Geometrisch modelleren van het DAF SP LVB-voertuig (versie november 1995) voor infraroodstudies (Geometric modelling of the DAF SP LVB vehicle (version November 1995) for infrared studies)					
<b>11. AUTHOR(S)</b> Th.L.A. Verhagen and S. Roest					
<b>12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)</b> TNO Prins Maurits Laboratory, P.O. Box 45, 2280 AA Rijswijk, The Netherlands Lange Kleiweg 137, Rijswijk, The Netherlands					
<b>13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)</b> HWO-KL, P.O. Box 90711, 2509 LS The Hague, The Netherlands					
<b>14. SUPPLEMENTARY NOTES</b> The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified.					
<b>15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE))</b> <p>This document describes the geometric modelling of the DAF SP LVB vehicle by the TNO Prins Maurits Laboratory (TNO-PML), Division Wapons and Wapon Platforms, researchgroup Weapons Effectiveness with the BRL-CAD package by order of the TNO Physics and Electronics Laboratory (TNO-FEL), Division Observation Systems, researchgroup Electro-Optical Systems Group. The specific constrain for IR-geometrical models with respect to the 'Physically Reasonable Infrared Signature Model' (PRISM) are not yet well understood. Therefore, a formal approach was used, dealing with the specification, design, implementation and testing. The formal approach and reporting activities resulted in a geometrical model, whereas the insight in the specific requirements and constrain of FRED and PRISM is considerably increased. From the experiences of this study it was concluded that geometrical model exchange between TNO-PML and TNO-FEL will be very riscfull. This because the TNO-PML models are generated for vulnerability/lethality studies and therefore focussed on specific parts of the targets. It was concluded that the first collaboration between TNO-PML and TNO-FEL, dealing with geometrical modelling for IR-study, was succesful. It is to be expected that for the near future the TNO-PML will generate more geometrical models for TNO-FEL, for the Electro-Optics as well as other researchgroups.</p>					
<table style="width: 100%; border: none;"><tr><td style="width: 33%; vertical-align: top;"><b>16. DESCRIPTORS</b> Light reconnaissance vehicle Geometry Models Infrared radiation</td><td style="width: 33%; vertical-align: top;"><b>IDENTIFIERS</b></td><td style="width: 33%;"></td></tr></table>			<b>16. DESCRIPTORS</b> Light reconnaissance vehicle Geometry Models Infrared radiation	<b>IDENTIFIERS</b>	
<b>16. DESCRIPTORS</b> Light reconnaissance vehicle Geometry Models Infrared radiation	<b>IDENTIFIERS</b>				
<b>17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)</b> Ongerubriceerd	<b>17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)</b> Ongerubriceerd	<b>17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)</b> Ongerubriceerd			
<b>18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT</b> Unlimited Distribution		<b>17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)</b> Ongerubriceerd			

ONGERUBRICEERD

## Distributielijst\*

1*/2*	DWOO
3	DWOO
4	HWO-KL
5*	HWO-KLu
6*	HWO-KM
7	HWO-KL Ir. N. Pos
8	DMKL/MAN/PM Ing. J.M.M. de Goey
9/10	TNO-FEL, Directie Dr. J.W. Maas en Ir. J.A. Vogel
11	TNO-FEL, Hoofd Divisie Waarnemingssystemen Ir. C. Eberwijn
12	TNO-FEL, Projectbegeleider H.A. Lensen
13	TNO-FEL, Divisie Waarnemingssystemen, Groep Elektro-Optiek R. Schleijpen
14	Bureau TNO-DO
15/17	Bibliotheek KMA
18*	Lid Instituuts Advies Raad PML Prof. B. Scarlett, M.Sc.
19*	Lid Instituuts Advies Raad Prof. ir. K.F. Wakker
20	TNO-PML, Directeur; daarna reserve
21	TNO-PML, Directeur Programma; daarna reserve
22	TNO-PML, Hoofd Divisie Wapens en Wapenplatformen Dr. R.R. IJsselstein
23/25	TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen, Groep Wapeneffectiviteit Ir. Z.C. Verheij, Ir. Th.L.A. Verhagen en S. Roest
26*	TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen, Hoofd Groep Wapeneffectiviteit Ir. Z.C. Verheij
27	TNO-PML, Documentatie
28	TNO-PML, Archief

---

\* De met een asterisk (\*) gemerkte instanties/personen ontvangen uitsluitend de titelpagina, het managementuittreksel, de documentatiepagina en de distributielijst van het rapport.